

## H16/B04 電子ビームを利用する高密度磁気記録の研究(1節 共同プロジェクト研究の理念と概要, 第4章 共同プロジェクト研究)

雑誌名	東北大学電気通信研究所研究活動報告
巻	12
ページ	211-213
発行年	2006-08
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/30634">http://hdl.handle.net/10097/30634</a>

課題番号 H16/B04

## 電子ビームを利用する高密度磁気記録の研究

## 〔1〕 組織

代表者：村岡裕明

(東北大学電気通信研究所・教授)

分担者：

三村秀典

(静岡大学電子工学研究所・教授)

根尾陽一郎

(静岡大学電子工学研究所・助手)

サイモン・グリーブス

(東北大学電気通信研究所・助教授)

三浦健司

(東北大学電気通信研究所・助手)

飯田徹哉

(パイオニア総合研究所・室長)

三森歩美

(パイオニア総合研究所・副主事)

樋口隆信

(パイオニア総合研究所)

研究費： 旅費 244,000円

## 〔2〕 研究経過

磁気記録情報ストレージの高密度化は数十ナノメートルサイズのビットを書き込むに至ったが、さらなる高密度化が求められている。このためには空間的に高い記録再生分解能を持つ磁気記録デバイスを実現する必要があるが、すでに改良が進んでいる現状を大きく改善するのは容易ではない。一方、リソグラフィや電子顕微鏡に用いられる電子ビームは1nm程度まで極めて細く絞り込むことが可能で、高い空間分解能性を得ることができるために、これを応用した新たなストレージ方式が期待できる。

本共同プロジェクト研究会は、この高い空間分解能を持つ電子ビームを利用して磁気ストレージの高密度化を目的とする調査・研究を行うもので、次世代ナノサイズ記録に向けての可能性を調査する。特に、既存磁気記録方式において直面している、記録磁化が熱擾乱により消失する熱磁気緩和と媒体ノイズの低減を記録ヘッドの磁界強度のバランスで解決しなくてはならないジレンマを解決できる可能性がある。

本研究会の検討内容は未だ萌芽的な段階にあるが、磁気記録媒体の一部のナノサイズで記録中に加熱することで記録磁界と熱勾配の両方を用いる高分解能化を期待している。

しかしながら、ポストテラビット級(超1Tbits/inch<sup>2</sup>)の次世代高密度磁気記録における磁気的な記録再生分解能不足の課題と、電子ビーム技術が持つ微小径ビーム発生によるブレイクスルーの可能性の間にはまだまだ大きな溝があり、両分野の研究者が情報交換を行い、認識を共有することがまず肝要である。本年度は主としてこの視点からの活動を行う。数回の研究集会を実施して、情報交換とコンピュータシミュレーションを実施する。

すなわち、東北大通研においては、電子ビームを用いた新たな磁気記録の方式研究と記録再生理論の検討、及びコンピュータシミュレーションによる研究を行い、静岡大ではストレージにおいて実用的なデバイス構成で具体的に電子ビームを発生させる研究を分担する。また、パイオニアでは電子ビームによる高分解能記録の可能性検証を担当する。

これらの研究を以下に示す日程で平成17年度は計5回の研究会を開いて討論を行って

きている。

- (1) 平成 17 年 5 月 11 日
- (2) 平成 17 年 7 月 6 日
- (3) 平成 17 年 10 月 14 日
- (4) 平成 17 年 12 月 7 日
- (5) 平成 18 年 1 月 26 日

### [3] 成果

#### (3-1) 研究成果

##### [既存技術の調査]

電子ビームを磁気記録に応用する際に先ず考えられるのは、磁気ヘッド直下で記録が行われている領域を細く絞った電子ビームを照射することで昇温して記録を行うことである。通常の磁気記録媒体は昇温によって保磁力が低下するので、常温では保磁力が高い高異方性材料を用いて熱的に安定な記録が実現できる。この方式はすでに近接場光や局所プラズモンによる加熱が提案されており、これらによる加熱型磁気記録の研究発表は数多いが、いずれも磁気ヘッドへの加熱源の実装に難があつて具体的なヘッド構造の提案がなく、実用的な段階への研究の展開は必ずしも進んでいないことがわかった。

一方、本研究で目指す電子ビームによる加熱についての学会報告は調査の範囲では少なくとも最近では見当たらず、2001 年に公開された特許があるのみであった。このことから磁気ストレージに対する電子ビームの利用に関する知見は多くはなく、自ら検討する必要があるとの結論に至った。

##### [電子ビームの発生]

電子ビームの放出には熱電子放出と電界放出があるが、熱電子放出は大気中での加熱は現実的ではない一方で、現状のナノ加工技術を用いれば先端を絞り込んだチップを作つて電界放出によって電子ビームを発生させることは可能であると考えられる。

浮上スライダ型の磁気ヘッドはディスクに対して 10nm 程度までは容易に近接させることができる。チップ先端角が 50 度程度のとき放出される電子ビームの広がりには 80nm 離れた点で 13~15nm にできる。また、底面が直径 1 $\mu$ m で高さが 1 $\mu$ m の円錐形チップ（頂点の投影角度で 52 度）から放出された電子ビームが 20nm 離れた点で直径 14.1nm に絞ることができることも示された。以上のシミュレーションの結果、電子レンズ等の絞りを入れなくとも電子ビームを絞って媒体に当てることは可能と考えられる。特に、カーボンナノチューブを電子源に使う検討は今後重要になると考えられる。

また、ヘッド磁界中を進む電子ビームが不要にローレンツ力によって曲げられるおそれについても検討した結果、1000G の磁界中で 1nm のずれであることが分かった。これは電子ビームの広がり比べて一桁小さい値で問題ないと思われる。さらに、入射後に記録媒体中に侵入する電子ビームの深さもほとんど無視できることが明らかになり、媒体深部でエネルギー放射領域が大きく広がって空間分解能が劣化するおそれはないと言える。

ただし、電子ビームの放出強度が不安定になることが懸念されるので、制御によるエミッション安定化は必要と予測される。

##### [電子ビーム記録のシミュレーション検討]

ボロノイ図形によるランダムな磁性粒子でモデル化した記録媒体に対して、LLG 方程式と熱伝導方程式を用いて計算を行った。電子ビームが 1mW のパワーでビーム径が 50nm とし、1ns 昇温で 1ns 冷却とした場合に電子ビームを照射した領域は、500K まで温度上昇があることが分かった。これは必ずしも十分ではないものの有意な温度上昇であり、記録媒体材料を選べば現実的である範囲

と考えられる。また、このときに Co の温度依存性を適用できるとすると、75nm の範囲で磁化反転が起こって記録が形成される結果が得られた。

さらに、記録磁界の印加と電子ビーム照射点の位置関係（オフセット）について検討を加えて、-100nm（100nm の遅れ）が適当である結果が得られた。このときに、三日月形のビットパターンが形成されている。

〔浮上スライダを用いた電子ビームの放電実験〕

これまでの成果をふまえて、実際に電子ビームを現実的なヘッドディスク系において放電させる実験を開始した。本来、専用の放電電極を形成したスライダを用いた実験をおこなうべきであるが、予備的な実験として通常の浮上スライダを利用して、再生用の GMR 素子の電極がヘッドの浮上面に露出していることに着目して、ディスクと GMR 電極の間で電子ビームを放電させることを目標にした。現在のハードディスクのヘッドスライダはディスク面上を 10nm 程度で浮上しており、空気分子の平均自由行程より小さい距離である。従って、放電電子が空気分子と衝突することなくディスク面に到達できる可能性がある。実験の結果、いくつかの課題を明らかにすることができた。

（１）放電のための電位差の印加によるクーロン力の発生によって、スライダがディスク面に引き寄せられて浮上高さが低下する可能性があることが分かった。これはヘッドクラッシュを発生させることになるので重要である。

（２）ヘッド素子においてわずかに絶縁性が損なわれた場合にはこの無限大でない導電率によるオーミック通電が電界放出電流をマスクする可能性がある。例えば、電界放出電流

が 1nA であれば、10V の印加電圧に対して 10GΩ という高抵抗でも問題になる。このような高い絶縁性を備えた実験環境の整備が必須であることがわかった。

### （３－２）波及効果と発展性など

これまでの検討から、必要な強度の電子ビームの発生とディスク面での局所領域への絞込みは可能であり、電子ビームから発生されると予測されるエネルギー密度で必要なディスク面の昇温が可能なが分かった。これらの結果は、今後の可能性を引き続き吟味する価値があることを示唆するものなので継続して研究会を開催することとした。また、平成 17 年度からは、実際のハードディスクのスライダを用いた実験を通して、電子ビームをディスク面に放電させる技術を検討していくつかの課題を明らかにしてきた。

今後は、これらの課題を解決できる具体的なヘッド方式に関する技術提案を行うことが目標である。

### 〔４〕 研究会報告

Simon Greaves, Hiroaki Muraoka, "Simulation of electron beam thermally assisted recording," 第 14 回ハイブリッド記録研究会, 2005 年 6 月 23 日